AUS DER MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄTSPOLIKLINIK BASEL

ÜBER DIE ZUSAMMENSETZUNG DES FETTGEWEBES UNTER VERSCHIEDENEN PHYSIOLOGISCHEN UND PATHOLOGISCHEN BEDINGUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

OSCAR SCHIRMER

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1921

Sonderabdruck aus dem »Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie«, 89. Band, 5/6. Heft

AUS DER MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄTSPOLIKLINIK BASEL

ÜBER DIE ZUSAMMENSETZUNG DES FETTGEWEBES UNTER VERSCHIEDENEN PHYSIOLOGISCHEN UND PATHOLOGISCHEN BEDINGUNGEN

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
EINER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT BASEL

VORGELEGT VON

OSCAR SCHIRMER

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

LEIPZIG
VERLAG VON F. C. W. VOGEL
1921

Sonderabdruck aus dem »Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie«, 89. Band, 5/6. Heft

Von der Medizinischen Fakultät genehmigt
auf Antrag von Herrn Prof. Dr. EGGER

Der Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchungen lag in folgender Beobachtung: Betrachtet man die Konsistenz des menschlichen Fettes bei Operationen oder Autopsien, so fällt es auf, daß dieselbe eine ganz verschiedene sein kann. Beim Aufschneiden der Bauchwand sieht man manchmal z. B. Fett geradezu aus der Schnittfläche fließen, während in anderen Fällen die Fettsubstanz eine ganz solide Masse zu sein scheint. Diesem verschiedenen Verhalten müssen verschiedene physikalische vielleicht auch chemische Eigenschaften zugrunde liegen.

Angaben über die Zusammensetzung des menschlichen Fettes sind recht spärlich, und zum Teil einander widersprechend. Während Abderhalden[1]) einen Schmelzpunkt von 17,5° C angibt, finden wir bei Vierordt[2]) Werte zwischen 27 und 41° C, bei Lambling[3]) zwischen 17 und 22° C. In der Tabelle 1 sind die uns bekannten Untersuchungen über Schmelzpunkt und Jodzahl der menschlichen Fette zusammengestellt.

Die Untersuchungen von Langer, Thiemich, Siegert ergeben, daß das Säuglingsfett einen höheren Schmelzpunkt und eine niedrigere Jodzahl (weniger Ölsäure) aufweist als das Fett erwachsener Menschen. Diese Angabe, die in der Literatur öfters wiederkehrt,

1) Abderhalden, Lehrbuch der physiol. Chemie, 3. Aufl., 1914, S. 225.
2) Vierordt, Anatom.-physiol. Tabellen.
3) Lambling, Précis de Biochimie 1919, S. 67.

Tabelle 1.

Analysen menschlichen Fettes.

Autor	Ursprung des Fettes	S.m.	Jodzahl	Cholesterin
Langer[1] . . .	Erwachsener	36° C	86,2% Öls.	—
	Kind	45° C	65% »	—
Lebedeff[2] . .	Leberfett	2/3 flüssig	68% »	—
	Lipom	1/2 flüssig	67% »	—
	Darmfett	flüssig	74,4% »	—
Chevreul[3]. . .	Panniculus	20–22° C	—	—
	Nierenfett	25° C	—	—
Schulz und Schwalbach[4]	Lipom	35° C	64,5% Öls.	qualit. +
Ruppel[5]. . . .	Lipom	28° C	65% »	qualit. +
Mitchell[6] . . .	—	51,5° C	61,5 Jodzahl	—
Zeyneck[7] . . .	Dermoidzyste	34–39° C	71,2—74,9	—
Thiemich[8] . .	Haut (Säugling)	—	41,8—58,9% Fettsäure	—
	Leberfett	—	46,7—70,2% Fettsäure	—
Erben[9]	Chylusfett	44° C	54,42 Jodzahl	—
Siegert[10] . . .	Frühgeburt	—	45,0	—
	Neugeborenes	—	50,7	—
	Kind	—	58,62	—
Jäckle[11]. . . .	Subkut. Fett	flüssig bis fest	62,5—73,3	—
Jäckle[12]. . . .	Subkut. Fett	flüssig	62,5—73,3	0,3203%
Partheil und Férié[13]. . . .	Subkut. u. mesent. Fett	—	57,21—66,31	—
Derlin[14]	Subkut. u. Nierenfett	—	65,2–66,6	—
Rumpf[15]. . . .	Muskelfett	24° C	56,6	—
	Degenerierter Muskel	39° C	66,14	—
	Kranker Muskel	20,07° C	58,58	—
Beatson[16] . . .	Nicht karzin. Individuen	—	62,1	—
	Karzin. Individuen	—	72,62	—
Wacker[17] . . .	Nicht-Karzinomatöse	—	55,0—70,0	0,374%
	Karzinomatöse	—	55,0—70,0	0,582 »

1) Monatshefte f. Chemie 1881, Bd. 2, S. 382. — 2) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1882, Bd. 6, S. 139. — 3) Zit. bei 2). — 4) Pflügers Arch. 1894, Bd. 55, S. 231. — 5) Zeitschr. f. Biol. 1894, Bd. 31, S. 101. — 6) The Analist 1896, Bd. 21, S. 171. — 7) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1897, Bd. 23, S. 40. — 8) Ebenda 1898, Bd. 26, S. 189. — 9) Ebenda 1900, Bd. 30, S. 436. — 10) Hofmeisters Beitr. 1901, Bd. 1, S. 183. — 11) Arb. a. d. path.-anat. Abt. des Kgl. hyg. Inst. Posen 1901, S. 269. — 12) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1902, Bd. 36, S. 52. — 13) Arch. d. Pharm. 1903, Bd. 241, S. 45. — 14) Pharm. Zeitung 1904, Bd. 49, S. 805. — 15) Virchows Arch. 1903, Bd. 174, S. 163. — 16) The Lancet 1901, Bd. 1, S. 1560. — 17) Zeitschr. f. physiol. Chemie 1912, Bd. 78, S. 349.

ist die einzige, die aus Analysen von menschlichem Fette mit Sicherheit angenommen werden kann. Dagegen wird der Behauptung Beatsons, der bei Ca-Kranken höhere Jodzahlen gefunden haben will, von Wacker widersprochen. Letzterer gibt aber an, daß das Fett Ca-Kranker cholesterinreicher sei, als dasjenige anderer Individuen; bei Nicht-Ca-Kranken findet er im Fett an »Rohcholesterin 0,2—0,96%, bei Ca-Kranken 0,4—1,0%«. Abgesehen davon, daß diese Zahlen sehr wenig überzeugend wirken, so spielen zweifellos im Cholesterinstoffwechsel andere Krankheiten (Diabetes, Niere, Leber) eine wichtigere Rolle als der Krebs.

Untersuchungen über den Einfluß des Ernährungszustandes auf die Zusammensetzung des menschlichen Fettes haben wir in der Literatur nicht gefunden. Nur über den Wassergehalt des Fettgewebes wird von Bozenraad[1]) angegeben, daß das Fett fettreicher Individuen wasserärmer ist als dasjenige magerer.

Bedeutend zahlreicher sind die Analysen von tierischen Fetten unter den verschiedenen experimentellen Bedingungen. Den Nahrungsmittelchemikern ist längst bekannt, daß fette Fleischstücke wasserärmer sind als magere. Es sei ferner an die bekannten relativ zahlreichen Versuche erinnert, die die Aufklärung der Beziehungen zwischen Nahrungsfett und Körperfett zur Aufgabe hatten (Munk[2]), Rosenfeld[3]), Abderhalden[4]), Pflüger[5]) u. a.). Dieselben beweisen eindeutig, daß bei einer intensiven Mast das Körperfett in seiner Zusammensetzung vom Nahrungsfett abhängt. Über den Einfluß pathologischer Zustände beim Tiere auf die Zusammensetzung des Fettes hat Rudolf[6]) Untersuchungen angestellt. Seine Analysen des Blutfettes bei gesunden und kranken Pferden ergaben ihm bei letzteren eine niedrigere Jodzahl als bei gesunden Tieren. Rudolf vertritt demnach die Ansicht, daß beim krankhaften Fettschwund die Oleine zuerst angegriffen werden, so daß ein ölsäureärmeres Fett zurückbleibt.

Die vorliegenden Untersuchungen hatten zuerst zur Aufgabe, zu prüfen, ob der Ernährungszustand (Fettleibigkeit, Magerkeit), ob ferner Krankheiten die Zusammensetzung des Fettes beim Menschen zu beeinflussen vermögen. Uns stand ausschließlich pathologisch-

---

1) Bozenraad, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 1911, Bd. 103, S. 120.

2) Munk, Virchows Arch. 1879, Bd. 80, S. 10; 1880, Bd. 95, S. 407; 1889, Bd. 123, S. 230.

3) Rosenfeld, Verh. Kongr. f. inn. Med. 1895, Bd. 13, S. 414.

4) Abderhalden, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1910, Bd. 65, S. 330.

5) Pflüger, Pflügers Arch. 1900, Bd. 82, S. 303.

6) Rudolf, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1918, Bd. 101, S. 99.

anatomisches Material[1]) zur Verfügung; die Art der Kost bei den einzelnen Individuen konnte leider nicht festgestellt werden. Durch Tierversuche haben wir, so weit die äußeren Verhältnisse es erlaubten, unsere Untersuchungen vervollständigt. Besonders interessant erschien uns, das subkutane Gewebe auf seinen Fett- und Wassergehalt zu untersuchen. Klinische Erfahrungen lassen vermuten, daß in diesem Gewebe unter pathologischen Verhältnissen große Schwankungen vorkommen müssen.

Der Wassergehalt wurde bestimmt aus der Gewichtsdifferenz, die sich zwischen frischem Gewebe und dem bei 102—108° C bis zur Gewichtskonstanz getrockneten ergab. Zur Feststellung des Schmelzpunktes wandten wir das Verfahren von Ubbelohde[2]) an: Es wurde mit Hilfe des von ihm beschriebenen Apparates der Tropfpunkt bestimmt. Der Umstand, daß die Resultate dabei nach unseren Erfahrungen 1—2° C niedriger als der eigentliche Schmelzpunkt sind, ist für unsere Untersuchungen ohne Bedeutung. Die Methode hat den Vorteil, gut übereinstimmende Zahlen zu geben ohne zeitraubend zu sein. Die Jodzahl wurde nach v. Hübl[3]) bestimmt. Es wurden immer Doppelanalysen gemacht: Dieselben ergaben nur Differenzen in der ersten Dezimale. Die Cholesterinbestimmung geschah, indem eine bestimmte Menge Fett mit alkoholischer Kalilauge verseift, das »Unverseifbare« dreimal mit größeren Mengen Äther im Schütteltrichter extrahiert wurde, sodann zur vollständigen Verseifung etwa noch vorhandenen Neutralfettes mit Lauge gekocht, abermals mit Äther extrahiert wurde. Der Rückstand nach Destillation des Äthers wurde als Cholesterin gewogen (Koenig[4])).

Das menschliche Fettgewebe, ausschließlich Bauchwandfett, wurde möglichst rasch nach der Autopsie verarbeitet. In einer Probe wurde das Wasser bestimmt. Eine andere wurde zur Gewinnung des Fettes durch Ausschmelzen und Filtrieren vom Bindegewebe befreit. Bei ganz mageren Individuen mußte zur Gewinnung des Fettes das Gewebe mit Äther extrahiert werden. Von den tierischen Geweben wurde zuerst Fettgewebe und Muskulatur von Kühen und Ochsen mit verschiedenem Ernährungszustand untersucht. Für die Tierversuche hatten wir Kaninchen und Enten zur Verfügung. Die Tiere erhielten zu der bisherigen Kost, Krüsch, Kartoffelschalen, Heu, Grünfutter bzw. Mais, bestimmte Mengen von Olivenöl oder Rindstalg dem übrigen Futter beigemischt, so daß das Futter von den Tieren freiwillig genommen wurde. Zur Untersuchung pathologischer Zustände im Tierexperiment wählten wir die Urannephritis, den Phloridzindiabetes und die Kastration.

---

1) Herrn Prof. Dr. Hedinger, Direktor des path.-anat. Instituts sprechen wir unseren besten Dank aus.

2) Bei Glikin-Zuntz, Methodik der Stoffwechselanalyse. Leipzig 1916.

3) Ebenda.

4) Koenig, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel Bd. 3, I. Teil. Berlin 1910.

Sämtlichen Versuchstieren wurde gleich nach der Schlachtung Fettgewebe entnommen, bei den Kaninchen subkutanes, Mesenterial- und Nierenkapselfett, bei den Enten subkutanes und mesenteriales Fettgewebe.

Die Ergebnisse der Analysen bei Menschen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Was der Wassergehalt anbelangt, so fallen die großen Schwankungen von 5—71% Wasser auf. Von einer relativ konstanten Zahl, wie es in der Literatur angegeben wird (29,9% Wasser im Menschenfett bei Vierordt, 20% bei französischen Autoren) kann wohl nicht die Rede sein. Es geht aus der Tabelle ohne weiteres hervor, daß fettreiche Individuen im Fettgewebe einen geringeren Wassergehalt aufweisen als abgemagerte. Nachfolgende Zahlen bei Geweben eines korpulenten und eines sehr mageren Individuums beweisen, daß das Fettgewebe sich hier ähnlich verhält wie Haut, Fascie und Muskulatur.

	Sehr fett Wasser		Sehr mager Wasser
Haut	63,36%		67,71%
Fascie	68,04 »		71,66 »
Muskel	54,86 »	(fettdurchwachsen)	80,88 »
Fettgewebe	7,88 »		69,59 »

Ältere Untersuchungen von Lukjanow[1]) und v. Hößlin[2]) ergaben ähnliche Resultate. Eigene Analysen von Fettgewebe bei Schlachttieren führen ebenfalls zu den gleichen Schlüssen. Bei fetten Kühen bzw. Ochsen betrug der Wassergehalt des Fettgewebes 4,22, 1,78, 5,24%, bei mageren Kühen 23,8, 26,2, 32,86, 42,10%.

Diese Resultate sprechen dafür, daß im lebenden Organismus wichtige, bisher zu wenig berücksichtigte Beziehungen zwischen dem Fett- und dem Wasserstoffwechsel, mittelbar oder unmittelbar bestehen müssen. Zur Illustrierung sei folgende eigene Krankenbeobachtung (Gigon) mitgeteilt.

66jährige Frau, mittellang. Vor 8 Jahren vorübergehend Spuren Eiweiß im Harn. Seit 6 Jahren angeblich herzkrank: viel Herzklopfen, Anfälle von Beklemmung, heftigen Schmerzen in der Herzgegend, im Rücken links und im linken Arm. Niemals Ödeme. Die erste Untersuchung im Juli 1919 ergab: 88 kg schwere, korpulente Frau von starkem Knochenbau, kräftiger Muskulatur. Geringe Struma. Lungen o. B. Herz stark verbreitert. Töne rein. 2. Aortenton stark akzentuiert. Leberrand eher palpabel, nicht schmerzhaft. Puls regelmäßig, etwa 80 in 1 Minute. Blutdruck

1) Lukjanow, Zeitschr. f. physiol. Chemie 1889, Bd. 13, S. 339.
2) v. Hößlin, Inaug.-Dissert. München 1883.

Tabelle 2.

Subkutanes Fettgewebe beim Menschen.

Nr.	Alter Jahre	Ernährungszustand	Diagnose	Länge cm	Gewicht kg	Wassergehalt %	S.m.	Jodzahl	Cholesterin
1	41	mager	Carcinoma ventriculi	165	49	18,54	26	57,5	0,98
2	63	sehr mager	Tbc. pulmonum	160	32	43,99	—	—	—
3	85	mager	Kretinismus, Herzinsuffiziens	135	48	34,54	—	—	—
4	61	mager	Nephritis	164	47	41,62	—	—	—
5	38	sehr mager	Tbc. pulmonum	169	45	30,26	—	Tab. 4	—
6	65	mager	Sepsis	153	47	37,15	—	—	—
7	41	fett	Diabetes mellitus, Lungen-Tbc., Peritonitis tbc.	177	54	—	—	60,3	—
8	6	fett	Scharlachnephritis	116	25	52,65	21	60,6	—
9	20	mager	Peritonitis acuta	166	51	57,30	25,5	61,8	—
10	68	fett	Hydronephrose, Haemorrhagia cerebri, Arteriosklerose	152	57	5,07	25,1	62,3	0,73
11	61	fett	Stirnhirnkontusion, genuine Schrumpfniere	168	72	—	20,0	62,9	—
12	65	mittel	Carc. laryngis	160	51	—	22,8	62,9	1,21
13	67	mittel	Myocarditis chron.	154	52	22,35	25,1	63,4	0,47
14	31	mager	Tbc. pulmonum	167	38	48,18	—	63,6	—
15	20	sehr mager	Tbc. pulmonum	—	—	69,58	—	63,8	—
16	13	mager	Peritonitis acuta nach Appendicitis	145	31	27,10	20,0	64,1	—
17	36	mittel	Encephalitis lethargica	170	68	12,53	22,0	65,3	0,22
18	51	mittel	Carc. recti, Peritonitis	166	62	19,24	20,0	65,6	—
19	50	mittel	Haemorrh. medulla obl.	170	60	—	fl.[1])	66,1	—

20	79	mittel	Emphysema pulmonum, Lobul. Pneumonie, excentr. Herzhypertrophie	142	42	—	fl.	66,1	0,59
21	38	fett	Pyämie	157	55	—	fl.	66,2	0,30
22	50	mittel	Myel. Leukämie	163	43,5	—	21,5	66,2	—
23	70	mittel	Pleuritis serosa	157	51	37,01	fl.	66,5	1,06
24	44	mittel	Grippepneumonie	173	58	11,05	fl.	66,5	—
25	35	mager	Meningitis tbc.	144	44	17,08	fl.	66,6	—
26	60	mittel	Hirnembolie	160	55	—	fl.	66,9	—
27	56	fett	Haemorrhagia cerebri	152	61,5	6,03	fl.	67,0	0,25
28	43	sehr fett	Carc. ventriculi	165	65	10,61	fl.	Tab. 4	—
29	59	fett	Koronarsklerose, Adipositas, Arteriosklerose	177	90	6,28	fl.	Tab. 4	—
30	47	fett	Carc. recti	177	79	19,48	fl.	Tab. 4	—
31	42	fett	Perforationsperitonitis	175	79	8,46	fl.	Tab. 4	
32	17	mager	Spondylitis tbc.	132	34	13,93	22,0	67,2	0,35
33	68	fett	Emphysem, Bronchiektasie, Myocarditis	146	64	13,02	fl.	67,2	—
34	60	mittel	Carcinoma pylori	157	50	71,38	fl.	67,2	—
35		mager	Tbc. pulmonum	156	40	—	fl.	67,2	—
36	23	mittel	Lymphosarkomatosis	164	71	—	fl.	68,3	—
37	70	fett	Allg. Arteriosklerose, Koronarsklerose	167	72	—	16,0	68,8	—
38	54	mittel	Encephalomalacie, allg. Arteriosklerose	152	32	19,30	fl.	69,2	—
39	76	fett	Herzinsuffizienz	150	42	7,88	fl.	69,3	0,46
40	65	mittel	Myodegen. cordis	166	62	—	fl.	69,4	—
41	75	fett	Apoplexia cerebri, Cirrhosis hepatis	170	71	13,08	fl.	69,6	—
42	78	fett	Bronchopneumonie, Arteriosklerose	160	58	13,15	19,0	70,2	0,51
43	19	fett	Peritonitis acuta	168	51	—	fl.	71,0	—
44	67	fett	Pneumonia croup.	148	38	—	fl.	71,0	0,58
45	77	fett	Myodegen. cordis	176	63	26,56	fl.	71,3	0,50

1 fl. bedeutet flüssige bis halbfeste Konsistenz.

Max. 220 mm Hg. Min. 100 mm Hg. Im Harne: Eiweiß, reichlich hyaline und granulierte Zylinder. Keine Ödeme. Bei Kochsalz-, eiweißarmer Diät mit Hungertagen, Diuretin, vorübergehende Besserung. Anfangs September 1919 Verschlimmerung mit andauernder Oligurie trotz Cardiaca und Diuretica, Diät, vorübergehender Bettruhe. Am 5. XI. 1919 Exitus in einem Anfall von Angina pectoris. Es handelte sich zweifellos um eine Schrumpfniere verbunden mit Coronarsklerose. Sehr auffallend ist die Wasserbilanz bei der Patientin, bei der bis zum Exitus nie Ödeme oder Transsudate nachzuweisen waren. Vom 1.—15. X. 1919 wurden ausgeschieden 4600 ccm Harn; leider wurde die Flüssigkeitszufuhr während dieser Periode nicht gemessen. Wir werden aber der Wirklichkeit entsprechen, wenn wir sie auf mindestens 1 l pro die ansetzen. Die Wasserbilanz vom 16.—31. X. 1919 gestaltete sich wie folgt:

Oktober:	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	
Flüssigkeitszufuhr	500	1200	1000	1000	1200	800	700	1000	ccm
Harnmenge	300	450	350	300	350	250	300	250	»

Oktober	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	
Flüssigkeitszufuhr	1200	1100	1250	1500	1000	1000	1100	900	ccm
Harnmenge	250	300	350	300	300	450	310	350	»

Vom 1.—31. Oktober erhalten wir gegenüber einer Einnahme von 28,450 ccm Wasser eine Ausscheidung von 9550 ccm Harn. Wenn man bedenkt, daß die Wasserzufuhr in den festen Speisen nicht berücksichtigt wurde, daß die Patientin nicht schwitzte und daß mit den Fäzes kein abnormer Wasserverlust stattfand, so erhält man einen Überschuß von 18,9 kg Wasser. Eine starke Änderung des Gewichtes hatte während der Beobachtungszeit nicht stattgefunden. Da die Oligurie vor dem 1. X. 1919 aufgetreten war, können wir annehmen, daß in diesem Falle mindestens 20 kg Wasser in »anhydropischer« Form ohne wesentliche Änderungen des Körpergewichtes und bei einer kochsalzarmen Diät (3—5 g pro Tag) aufgenommen wurden. Da die Muskulatur bis zum Exitus sehr kräftig blieb, muß das Fettgewebe »fettärmer« und wasserreicher geworden sein. Erwähnenswert ist, daß die Druckempfindlichkeit der Haut an den oberen und unteren Extremitäten, sowie am Rumpfe, besonders an den fettreichsten Stellen im Laufe der Beobachtungsperiode sehr stark zunahm.

Das Bindegewebe der Fettproben muß allerdings bei der Wasserretention eine Rolle spielen. Wiederholte Bestimmungen des Wassergehaltes von Fettproben beim gleichen Individuum ergeben auch Schwankungen bis zu 10% bei unveränderter Jodzahl. Um die Beziehungen zwischen Wasser und Bindegewebe des Fettes zu untersuchen, haben wir getrocknete Proben von subkutanem Fett, deren Wassergehalt bestimmt war, im Mörser unter Äther verrieben, nachdem sie längere Zeit in Äther erwärmt worden waren. Das Ganze wurde durch ein gewogenes Filter filtriert und der Rückstand mit

Äther gewaschen. Die fettfreie Trockensubstanz, d. h. der Rückstand, haben wir als Bindegewebe in Tabelle 3 angegeben. Kontrollversuche nach dem Soxhletschen Verfahren mittels mehrtägiger Ätherextraktion ergaben, daß diese Methode genügend genaue Resultate ergab.

Tabelle 3.

Nr.	Diagnose	Ernährungszustand	Wasser %	Bindegewebe %	Fettgewebe %
29	Koronarsklerose	fett	5,88	2,63	91,5
31	Peritonitis	fett	10,06	4,50	85,4
42	Bronchopneumonie	fett	13,15	3,44	83,4
25	Meningitis tuberc.	mager	17,08	4,28	78,7
30	Ca recti	fett	22,48	7,87	69,7
18	Ca recti peritonitis	mittel	25,05	7,02	67,9
5	Tuberc. pulmonum	sehr mager	30,26	7,37	62,3
6	Sepsis	mager	37,15	7,99	54,8
8	Scharlach nephritis	fett	52,65	14,27	33,1
9	Peritonitis acuta	mager	57,30	14,01	28,7

Wie zu erwarten, ergibt es sich, daß die wasserreichsten Proben auch am meisten Bindegewebe enthalten. Das Bindegewebe vermag ja sehr viel Wasser zu retinieren. Bei abgemagerten Leichen kann man im Bindegewebe bis 84% Wasser finden.

Die Untersuchung der Fettsubstanz selbst ergibt, wie zu erwarten war, daß mit steigendem Oleingehalt (Jodzahl) die Konsistenz des Fettes abnimmt. Fette mit hohen Jodzahlen 69 und mehr zeigen bei Zimmertemperatur eine ganz flüssige Beschaffenheit. Beim Stehen bildet sich allmählich ein weißer kristallinischer Bodensatz. Langer (a. a. O.) hatte bereits diese Beobachtung gemacht, und gefunden, daß diese kristallinische Schicht des Fettes bei 36° C schmelze. Wir trennten bei den flüssigen Fetten den Bodensatz durch Absaugen mittels einer Nutsche und kristallisierten die erhaltene Substanz solange aus Äther und Benzin um, bis die Jodzahl 0 wurde. Der erhaltene Körper kristallisierte in glänzenden reinweißen Blättchen aus und hatte den Sm. 55° C. Die Elementaranalyse erweist ihn als Tripalmitin.

Gefunden	Theoretisch
C 74,61%	C 75,85%
H 11,98 »	H 12,14 »
O 13,41 »	O 12,01 »

Atomverhältnis			
C	6,22%	C	6,32%
H	11,94 »	H	12,14 »
O	0,84 »	O	0,75 »

Die flüssigen menschlichen Fette scheiden somit kristallinisches Tripalmitin aus, ein Verhalten, das bei anderen Fetten und Ölen schon bekannt ist. Diese Beobachtung gibt eine Erklärung für die hohen Schmelzpunkte, die in der Literatur Vierordt, Mitchell u. a., (siehe Tabelle 1) gefunden werden. Mitchell hat z. B. in seiner Substanz mit 51° C Sm. wohl ungenügend gereinigtes Tripalmitin gehabt.

In Tabelle 4 sind einige Bestimmungen von Jodzahlen bei dem flüssigen bzw. festen Bestandteil einiger Fettproben. Die Trennung geschah durch Abnutschen.

Tabelle 4.

Nr.	Diagnose	Ernährungszustand	Jodzahl und (Prozent) flüssiger Teil	fester Teil	Schmelzp. des festen Teiles
28	Ca ventriculi	sehr fett	72,0 (86%)	56,6 (14%)	39,1
30	Ca recti	fett	71,7 (80 »)	57,9 (20 »)	37,4
29	Koronarsklerose Arteriosklerose	fett	69,6 (87 »)	54,5 (13 »)	38,2
31	Peritonitis perfor.	ziemlich fett	69,4 (70 »)	56,1 (30 »)	37,8
5	Tuberc. pulmonum	sehr mager	65,7 (66 »)	56,0 (34 »)	35,5

Der feste Bestandteil bei den halbflüssigen Fetten, der kristallinische Bodensatz, zeigt eine Jodzahl von etwa 56. Die flüssige Komponente zeigt bei den fetten Leichen eine höhere Jodzahl als bei den mageren. Dazu kommt, daß bei den fetten das Verhältnis von fest und flüssig sich stark zu Gunsten des letzteren verschiebt: ein Beweis, daß bei fetten Individuen der Gesamtoleingehalt bedeutend erhöht ist.

Was den Cholesteringehalt anbelangt, so ergeben die Fette mit geringerer Jodzahl durchwegs einen höheren Cholesteringehalt. Unsere Befunde stimmen also mit denjenigen Wackers überein, nur daß uns ausschlaggebend mehr der Ernährungszustand zu sein scheint, als das Ca, insofern als magere Individuen einen höheren Gehalt an Cholesterin aufweisen. (Eine einzige Ausnahme bildet wieder Fall 10, die Patientin mit Nierenerkrankung und trotz gutem Fettpolster hohem Cholesteringehalt entsprechend der niedrigen Jodzahl.)

Als normale Jodzahl bei gesunden Individuen von mittlerem Ernährungszustand dürfte man 65,0—66,5% annehmen, mit 18—20° C

als Tropfpunkt, und entsprechend einem Oleingehalt von 59,4%. Die übrigen Zahlen schwanken zwischen 57,5 und 71. Hier spielt zweifellos der Ernährungszustand des Individuums eine wesentliche Rolle. Das Fett sehr fettreicher Individuen ergibt durchweg eine Jodzahl von 70; dementsprechend ist ein solches Fett bei Zimmertemperatur entweder vollständig flüssig oder es trennt sich in zwei Schichten: einer flüssigen oberen und einer festen, kristallinischen dünnen Schicht. Im Gegensatz dazu sind die Fette sehr abgemagerter Individuen durch eine niedrigere Jodzahl und höhere Schmelzpunkte ausgezeichnet. Diese Fette bleiben bei Zimmertemperatur fest, ohne flüssige Schicht. Dieser Einfluß des Ernährungszustandes auf den Oleingehalt ist für den erwachsenen Menschen, soviel uns bekannt, nirgends hervorgehoben. Nur Siegert (Tabelle 1) gibt einen höheren Oleingehalt bei gesunden Säuglingen an, gegenüber abgemagerten, magenkranken.

Der Ernährungszustand ist nicht der einzige Faktor der für die Jodzahl und den Schmelzpunkt des Körperfettes bestimmend ist. Gewisse Erkrankungen dürften wohl auch hier einen Einfluß ausüben. Dazu gibt uns schon die Tabelle 2 einen Anhaltspunkt. Nur drei Fälle mit »fettem« Ernährungszustand weisen abnorm niedrige Jodzahlen auf: Fall 7 mit Diabetes mellitus und die Fälle 8, 10 und 11. Diese letzteren sind die einzigen in unserem Material, bei welchen schwere, krankhafte Veränderungen an den Nieren gefunden wurden.

Ob die Art der Ernährung bei unseren Fällen eine Rolle gespielt hat, läßt sich schwer entscheiden. Nach den experimentellen Untersuchungen am Tiere muß die Kost die sehr einseitige Zufuhr einer bestimmten Fettart darstellen, damit die Zusammensetzung des Körperfettes vom Nahrungsfett wesentlich beeinflußt wird.

Tierversuche.

Im ganzen haben wir neun Versuche gemacht, sechs bei Kaninchen und drei mit Enten. Sämtliche Resultate sind das Ergebnis zweier gut übereinstimmender Analysen.

Als normale Jodzahl für das Kaninchenfett finden wir bei Benedikt-Ulzer (1) 69,6. Unsere Kontrollversuche geben dasselbe Resultat.

Versuch 1.

2,500 kg schweres weibliches Kaninchen, kleine Rasse. Gewöhnliches Futter mit Abfällen, Krüsch, Grünfutter. Wassergehalt der Muskulatur 75,07%.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	8,96 %	68,7	37,2° C
Mesenterialfett	9,15 »	69,1	37,0° C
Nierenfett	9,16 »	69,4	39,5° C

Versuch 2.

2,140 kg schweres weibliches Kaninchen, kleine Rasse. Fütterung mit 20 g Olivenöl (Jodzahl 81,5) pro Tag vom 14. X. bis 1. XII. zur gewöhnlichen Kost. Gewichtzunahme von 2,140 kg auf 2,750 kg am 26. XI. Am 26. XI. erhielt das Tier 0,75 ccm 1 %ige Uranazetatlösung eingespritzt. Es nahm vom 26. XI. bis zum Tode (Nackenschlag) von 2,750 kg auf 2,56 kg ab. Wassergehalt der Muskulatur 76,23 %.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	17,25 %	79,3	16° C
Mesenterialfett	13,49 »	79,4	17° C
Nierenfett	11,31 »	80,7	bei 15° C flüssig

Die Resultate der Fettzusammensetzung sind als von der Art des Futters (Öl) bedingt, anzusehen.

Versuch 3.

1,880 kg schweres weibliches Kaninchen, kleine Rasse. 20 g Rindstalg (Jodzahl 40,4) pro Tag zu gewöhnlichem Futter vom 14. X. bis 8. XII. Gewichtszunahme von 1,880—2,510 kg. Wassergehalt der Muskulatur 72,11 %.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	9,09 %	66,6	35,4° C
Mesenterialfett	6,80 »	66,3	36 ° C
Nierenfett	4,28 »	65,6	35,2° C

Zur Kontrolle der Fettresorption bei Versuch 1—3 wurden auch Bestimmungen des Fettgehaltes des Kotes gemacht.

Versuch 1. (Kontrolltier) 75,63 % Wasser, Fett 13,02 % der Trockensubstanz
» 2. (Öltier) 59,85 » » , » 11,75 » » »
» 3. (Talgtier) 61,28 » » , » 13,45 » » »

Versuch 4.

2,360 kg schweres männliches Kaninchen, gewöhnliches Futter; vom 9. XII. bis 29. XII. total 0,95 ccm 1 %ige Uranazetatlösung. Eiweiß im Harn.

Mikroskop. Befund der Niere: Glomeruli klein, zellreich, vereinzelt mit einigen Lymphozyten infiltriert, stark hyperämisch. Tubuli contorti stellenweise etwas weit, Epithelien z. T. etwas gequollen, fein gekörnt. Tubuli recti größtenteils intakt, vereinzelt zeigen auch sie leicht gequollene Epithelien und ab und zu desquamierte im Lumen der geraden Harn-

kanälchen. Vereinzelte Tubuli recti, insbesondere die Sammelröhren enthalten kürzere und längere hyaline Zylinder. Das Mark der Niere sehr stark hyperämisch, Stroma nicht verbreitert, stellenweise mit Lymphozyten infiltriert.

Diagnose: Chronische Glomerulo- und Tubulo nephritis. Gewichtsveränderungen von 2,360 kg bis 2,300 kg. Wassergehalt der Muskulatur: 76,28 %.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	14,16 %	64,0	30,8° C
Mesenterialfett	21,51 »	63,1	36,0° C
Nierenfett	9,04 »	64,1	31,0° C

Versuch 5.

3,050 kg schweres männliches Kaninchen. Gewöhnliches Futter. Vom 22. XII. bis 5. I. total 18,25 ccm 10 %ige Alkohol-Phloridzinlösung. Zucker im Harn.

Mikroskopischer Befund der Niere: Glomeruli zellreich, mittelgroß, ohne Infiltration. Tubuli contorti und recti größtenteils ohne Befund. In den Henleschen Schleifen sieht man vereinzelt kleine hyaline Zylinder. Das Mark der Niere sehr stark hyperämisch. Stroma zart, nicht verbreitert. Gefäße zart.

Diagnose: Hyperämie der Niere, keine eigentliche Nephritis. Leber: Zeichnung deutlich, Zentralvenen mit Blut vollgepfropft. Leberzellbalken kräftig, die intraazinösen Kapillaren mit roten Blutkörperchen angefüllt. In der intermediären Zone der Acini enthalten die Leberzellen eine mittlere Menge feintropfigen Fettes. Glissonsche Scheiden zart, nicht infiltriert.

Diagnose: Hyperämie und geringgradige Verfettung. Gewichtsveränderungen von 3,050—2,770 kg.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Sukutanfett	15,88 %	65,6	38 ° C
Mesenterialfett	8,60 »	65,7	37,4° C
Nierenfett	5,60 »	64,7	36,0° C

Versuch 6.

2,130 kg schweres männliches Kaninchen. Gewöhnliches Futter. Kastriert. Dauer des Versuches vom 27. XI. bis 6. 1. Gewicht von 2,130 bis 2,220 kg.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	12,91 %	61,8	34,0° C
Mesenterialfett	15,46 »	61,4	32,0° C
Nierenfett	4,75 »	63,7	35,6° C

Versuch 7.

1,340 kg schwere Ente. 50 g Olivenöl in Mais pro Tag, vom 23. X. bis 10. XII. Endgewicht 1,470 kg. Tier ziemlich mager. Wassergehalt der Muskulatur: 75,54 %.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	17,11 %	75,3	flüssig
Darmfett	17,64 »	74,4	»

Versuch 8.

1,480 kg schwere Ente. 50 g Rindstalg in Mais pro Tag vom 23. X. bis 10. XII. Endgewicht 1,520 kg. Tier mittelfett. Wassergehalt der Muskulatur: 74,55 %.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	6,89 %	64,0	30,6° C
Darmfett	5,36 »	62,5	31,9° C

Versuch 9.

1,350 kg schwere Ente. 50 g Olivenöl in Mais pro Tag vom 23. X. bis 29. XII. Vom 18. XII. bis 29. XII. total 1,4 ccm 1 %ige Uranazetat. Gewicht am 18. XII. 1,550 kg, am 29. XII. 1,330 kg. Tier noch sehr fettreich.

Mikroskopischer Befund der Niere: Glomeruli sehr stark hyperämisch, nicht infiltriert. Tubuli contorti und recti ohne Befund. Die ganze Niere sehr stark hyperämisch. Stroma nirgends verbreitert oder infiltriert. Keine Zylinder.

Diagnose: Sehr starke Hyperämie der Niere. Leber: Dichte Lymphozytenfiltrate in den Glissonschen Scheiden[1]). Starke Hyperämie. Wassergehalt der Muskulatur: 72,47 %.

	Wassergehalt	Jodzahl	Tropfpunkt
Subkutanfett	7,35 %	72,0	flüssig
Darmfett	5,67 »	71,6	»

Tabelle 5.
Tierversuche.

Nr.	Versuch	Jodzahl		
		Subkutanfett	Mesenterialfett	Nierenfett
1	Kontrollkaninchen	68,7	69,4	69,4
2	Kaninchen, Ölmast	79,3	79,4	80,7
3	» Talgmast	66,6	66,3	65,5
4	» Urannephritis	64,0	63,1	64,1
5	» Phloridzindiabetes	65,6	65,7	64,7
6	» Kastration	61,8	61,4	63,7
7	Ente, Ölfutter	75,3	74,4	—
8	» Talgfutter	64,0	62,5	—
9	» Ölfutter, Urannephritis	72,0	71,6	—

1) Die pathologischen Untersuchungen der kranken Organe verdanken wir Herrn Dr. Tobler, 1. Assistenten am hiesigen Pathologischen Institut, wofür ihm unser Dank ausgesprochen sei.

Unsere Tierversuche ergeben folgendes:

Der Wassergehalt der Muskulatur betrug beim normalen Kaninchen 75,07 %. Das Tier mit Talgfütterung hatte einen solchen von 72,11 %, während die kranken Tiere (Nr. 2 zum Teil, 4 und 5) alle drei über 76 % Wasser im Muskel hatten.

Der Wassergehalt des Fettgewebes ist großen Schwankungen unterworfen. Diese finden sich zunächst bei den Fettdepots desselben Tieres; so enthält z. B. beim Talg-Kaninchen (Nr. 3) das subkutane Fett 9 % Wasser, das mesenteriale Fett 6,5 % und das Nierenfett nur 4,28 %. Ein ähnliches Verhalten haben wir beim nephritischen (Nr. 4) und beim diabetischen (Nr. 5) Tier, dagegen enthalten beim Kontrolltier (Nr. 1) alle drei Fettarten 9 %. Überall ist das Nierenfett am wasserärmsten, selbst beim diabetischen Tier, bei dem das Mesenterialfett bis 21 % enthält. Eine Erklärung für diese Schwankungen können wir am wahrscheinlichsten darin finden, daß die Proben des subkutanen Fettes etwas reichlicher Bindegewebe enthalten, als das Nierenfett und zum Teil das Mesenterialfett. Dies stimmt auch mit den Resultaten überein, die wir am Menschen erhielten.

Vergleichen wir den Wassergehalt bei den verschiedenen Tieren, so sehen wir den größten, bis 21,51 %, beim nephritischen, den kleinsten beim Talgtier. Dabei müssen wir bemerken, daß der Ernährungszustand und besonders das Fettpolster bei allen Tieren ziemlich gleich war. Wir können daraus schließen, daß bei pathologischen Zuständen eine Wasseranreicherung schon dann stattfindet, wenn ein auffälliger Fettschwund noch gar nicht eingetreten ist.

Betreffs unserer Jodzahlen geht aus unseren Versuchen unzweideutig hervor, zunächst, daß die Art der Fütterung die Zusammensetzung des Fettes deutlich beeinflußt. So hat das Talgtier durchweg die niedrigste, das Öltier die höchste Jodzahl. Dies stimmt mit den Literaturangaben überein. Es sei aber bemerkt, daß in unseren Versuchen bei keinem Tiere gewaltsam gefüttert werden mußte; auch waren die betreffenden Tiere in keiner Weise fetter als die Kontrolltiere; ein Zeichen, daß keine sehr abnorme Mast stattgefunden hatte.

Zu den gleichen Resultaten führten unsere Versuche an Enten. Die Talgente weist eine Jodzahl von 62,5—64 auf, die Ölente dagegen eine solche von 74,4—75,3.

Ferner scheint die Zusammensetzung des Fettes auch von pathologischen Prozessen beeinflußt zu werden. So finden wir bei der nephritischen Ente, obschon sie das gleiche Futter (Öl und Mais) wie die Ölente erhielt und zudem noch fetter war, was sich unter anderem

auch durch den geringeren Wassergehalt der Muskulatur und des Fettgewebes zeigt, eine deutlich niedrigere Jodzahl, nämlich 72 bzw. 71,6 statt 75,3 bzw. 74,4. Das gleiche ergibt sich auch aus den Kaninchenversuchen. Das nephritische Kaninchen mit gewöhnlichem Futter hat eine Jodzahl von 63—64, eine Zahl, die weder frühere Autoren noch wir bei normalen Tieren gefunden haben. Ebenso verhält sich das Phloridzintier und merkwürdigerweise auch das kastrierte, obschon dieses am fettreichsten von allen war.

Leider war es uns äußerer Umstände halber nicht möglich, weitere Versuche an Tieren anzustellen.

Ob für pathologische Zustände die Behauptung von Henriques und Hansen[1]), daß das Fett im Innern des Körpers fester und ölsäureärmer wird, richtig ist, wagen wir an Hand unserer Resultate noch nicht zu entscheiden. Allerdings sehen wir z. B. bei sämtlichen Enten, daß das Darmfett eine wesentlich geringere Jodzahl hat, als das Subkutanfett.

Die Zahl unserer Untersuchungen ist noch nicht sehr groß. Jedoch in Anbetracht der eindeutigen Ergebnisse glauben wir uns berechtigt, folgende Schlußsätze aufstellen zu können:

Schlußsätze[2]).

1. Das Fett vom Menschen von mittlerem Ernährungszustand ergibt eine Jodzahl von 65—66,5 entsprechend einem Oleingehalt von 59,4%. Tropfpunkt 18—20°. Diese Zahl möchten wir als die normalen für den Menschen ansehen.

2. Die Nahrung beeinflußt die Zusammensetzung des Fettgewebes des Organismus, auch wenn keine sehr intensive Mast stattgefunden hat. Bei Öldarreichung (Tierversuchen) steigt die Jodzahl; Rindstalgfütterung drückt dieselbe herunter. An den Veränderungen beteiligt sich nicht nur das subkutane Fett, sondern auch das mesenteriale und das Nierenkapselfett (Tabelle 5).

3. Der Ernährungszustand muß ebenfalls als Faktor angesehen werden, der die Zusammensetzung des Fettes beeinflußt. Fett korpulenter Menschen weist höhere Jodzahlen (70—71) auf, als dasjenige abgemagerter (60—62). Der Tropfpunkt bzw. Schmelzpunkt ist im ersteren Falle niedrig, im zweiten erhöht.

4. Gewisse Krankheitszustände nach unseren Ergebnissen beim Menschen und an Tieren, die Nephritis, der Diabetes, die Kastration scheinen die Jodzahl zu erniedrigen.

---

1) Skandinav. Arch. f. Physiol. 1906, Bd. 11, S. 151—165.

2) Diese Arbeit wurde gemeinsam mit A. Gigon gemacht.

5. Ein Parallelismus zwischen Jodzahl und Tropfpunkt ist nur innerhalb der gleichen Spezies wahrnehmbar. Menschenfett mit Jodzahl 69 besitzt einen Schmelzpunkt von 16—20°, Kaninchenfett mit der gleichen Jodzahl schmilzt bei 40°.

6. Das Fett korpulenter Individuen ist bedeutend wasserärmer als dasjenige kachektischer. Die übrigen Gewebe (Muskel, Bindegewebe, Haut) folgen der gleichen Regel.

7. Wasserreiches Fettgewebe enthält mehr Bindegewebe als wasserarmes.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.